

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-307196

(43)Date of publication of application : 17.11.1998

(51)Int.Cl.

G21C 3/328

G21C 3/326

(21)Application number : 10-000045

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 05.01.1998

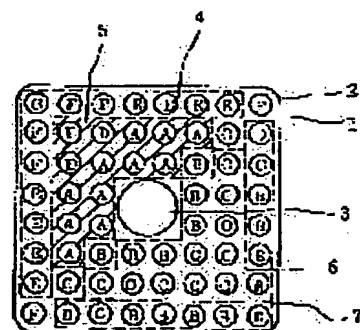
(72)Inventor : NAKAJIMA AKIYOSHI
BESSHO TAISUKE
AOYAMA TADAO
KOYAMA JUNICHI
HIRAKAWA HIROMASA
YAMASHITA JUNICHI
HAYASHI TATSUO

(54) FUEL ASSEMBLY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a fuel assembly corresponding to D-grid core capable of flattening the power in the cross section vertical to the axis of a fuel assembly and simultaneously effectively improving core shutdown margin in cooled time.

SOLUTION: By arranging a thick diameter water rod 3 in the center and a plurality of fuel rods 2 in a square grid, set are a region (a) 4 of fuel rod group facing to wide gap water region, a region (b) 5 of fuel rod group other than the region (a) 4 in the wide gap water region side, a region (d) 7 of fuel rod group facing to narrow gap water region and a region (c) 6 of fuel rod group other than the region (d) 7 in the narrow gap water region side. When the relative quantity of fissile material contained in each 4 fuel rod group to that in the whole regions and average enrichment are compared, the relative quantity of the fuel rod group and the average enrichment in the region (a) 4 are minimized and those in the region (b) 5 are maximized.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

05.01.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

2942529

[Date of registration] 18.06.1999

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-307196

(43)公開日 平成10年(1998)11月17日

(51)Int.Cl.⁴

G 2 1 C 3/328
3/326

識別記号

GDB

F I

G 2 1 C 3/30

3/32

GDBW

GDBX

E

審査請求 有 請求項の数1 OL (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平10-45
(62)分割の表示 特願平1-245049の分割
(22)出願日 平成1年(1989)9月22日

(71)出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(72)発明者 中島 章喜
茨城県日立市森山町1168番地 株式会社日立製作所エネルギー研究所内
(72)発明者 別所 泰典
茨城県日立市森山町1168番地 株式会社日立製作所エネルギー研究所内
(72)発明者 青山 肇男
茨城県日立市森山町1168番地 株式会社日立製作所エネルギー研究所内
(74)代理人 弁理士 高橋 明夫 (外1名)
最終頁に続く

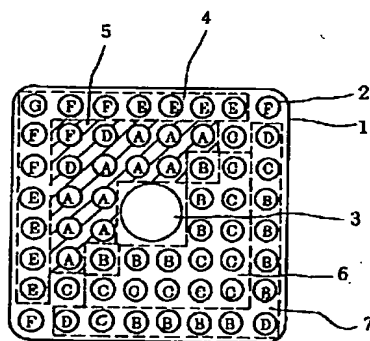
(54)【発明の名称】 燃料集合体

(57)【要約】

【課題】燃料集合体の軸方向に垂直な横断面における出力の平坦化を図りつつ、冷温時の炉停止余裕を効果的に向上できるD格子炉心対応の燃料集合体を提供する。

【解決手段】太径水ロッド3を中央部に配置し複数本の燃料棒2を正方格子状に配置し、燃料集合体の軸方向に垂直な横断面における、広いギャップ水領域に面した燃料棒群の領域a、広いギャップ水領域側の前記領域a以外の燃料棒群の領域b、狭いギャップ水領域に面した燃料棒群の領域d、狭いギャップ水領域側の前記領域d以外の燃料棒群の領域cを設定し、これら4つの各燃料棒群の領域に含まれる核分裂性物質の全領域に含まれる核分裂性物質に対する相対量と燃料棒の平均濃縮度とを比較した場合、領域aの燃料棒群の相対量と平均濃縮度を最小とすると共に、領域bの燃料棒群の相対量と平均濃縮度を最大とした。

図 1



- 1 ... 燃料集合体
- 2 ... 燃料棒
- 3 ... 太径水ロッド
- 4 ... 領域 a
- 5 ... 領域 b
- 6 ... 領域 c
- 7 ... 領域 d

【特許請求の範囲】

【請求項1】 核燃料物質を封入した複数本の燃料棒と太径水ロッドとを正方格子状に配置し、前記太径水ロッドを中央部に配置してなる燃料集合体であって、前記燃料集合体の軸方向に垂直な横断面における、制御棒が挿入される広いギャップ水領域に面した燃料棒群の領域a、広いギャップ水領域側の前記領域a以外の燃料棒群の領域b、狭いギャップ水領域に面した燃料棒群の領域d、狭いギャップ水領域側の前記領域d以外の燃料棒群の領域cを設定し、前記4つの各領域に含まれる核分裂性物質の全領域に含まれる核分裂性物質に対する相対量と、前記4つの各領域における燃料棒の平均濃縮度とを比較した場合、前記領域aの燃料棒群の前記相対量と前記平均濃縮度を最小とすると共に、前記領域bの燃料棒群の前記相対量と前記平均濃縮度を最大としたことを特徴とする燃料集合体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、沸騰水型原子炉（BWR）における燃料集合体に係り、特に高燃焼度化に好適なD格子炉心対応の燃料集合体に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図2は、現在運転中の従来のBWRの燃料集合体群の部分水平断面図である。すなわち、燃料棒2を正方格子状に配列して構成した燃料バンドルを単位格子セル22の中央に据え、前記燃料バンドルを囲むようにチャネルボックス23をおくことで、冷却材の軽水が沸騰せずに流れる流路となるギャップ水領域を形成する。前記ギャップ水領域には、制御棒24が挿入される側25と制御棒24の出し入れがない側26の2種類がある。

【0003】軽水炉の発電コストの低減をはかるには、燃料サイクルコストを低減することが有効である。その一方法として燃料集合体の平均取出燃焼度を高くすることが考えられている。一般に、取出燃焼度を高くするにつれて、燃料集合体の平均濃縮度は増加する。燃料濃縮度が高くなると、冷温時（約20℃）の反応度は高くなり、運転時（約280℃）の反応度と、冷温時の反応度の差が増大する（運転時冷温時反応度差が増大）。反応度が高い場合、中性子の発生量と消滅量をバランスするように制御するのが制御棒である。

【0004】図2に示すように、運転時でも、冷温時でも、制御棒24は、燃料集合体の片側に存在する。制御棒の中性子吸収材B、Cは、特に熱中性子を吸収することで反応度を低下させる。燃料集合体の相対的な濃縮度分布が同じでも、濃縮度が増加すれば、制御棒による中性子吸収量が減少するため、冷温時の制御棒価値は減少する。ここで、制御棒価値とは、制御棒の反応度の大き

さであり、簡単には、制御棒の位置の中性子束の2乗に比例する値である。

【0005】したがって、高燃焼度用炉心の場合、冷温時の炉停止余裕は小さくなる傾向にある。このことは、原子炉停止時に臨界に達し易くなり、好ましくない。冷温時の炉停止余裕を向上させるには、（1）制御棒価値を高めて、制御棒挿入時の冷温時反応度と制御棒未挿入時の冷温時反応度との差を大きくする方法、および

（2）運転時と冷温時の反応度差を小さくする方法が考えられる。

【0006】上記（1）の例として、例えば、特開昭61-275696号公報記載の技術が知られている。図3は、従来技術1の燃料集合体群の水平断面図である。図3に示す燃料集合体は、十字型制御棒31に対面している燃料棒32の濃縮度を、燃料集合体平均濃縮度よりも高くすることで、制御棒価値を高める方法であった。

【0007】また、例えば、特開昭63-98590号公報記載の技術が知られている。図4は、従来技術2の燃料集合体群の水平断面図である。図4に示す燃料集合体は、燃料集合体41の中央部に十字型水路42を配置して前記燃料集合体を4つのサブ燃料集合体43、44に分けた時に制御棒45に最も近いサブ燃料集合体44の平均濃縮度を他のサブ燃料集合体43の平均濃縮度よりも高くすることで、冷態時制御棒価値を高くする方法であった。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】現在運転中のBWRには、図2に示したギャップ水領域25及び26の面積が等しいC格子炉心と、制御棒24が挿入されるギャップ水領域25の面積の方が広いD格子炉心がある。上記従来技術1（図3）を前記D格子炉心に適用する場合、運転時の局所出力ピーキング係数は制御棒24が挿入されるギャップ水領域側で大きくなりやすい。ここで、出力ピーキング係数とは、出力最高値と平均値の比であり、この値が小さい炉では、出力が平坦化されている。

【0009】また、従来技術2（図4）では制御棒45に最も近いサブ燃料集合体44の平均濃縮度を他のサブ燃料集合体43の平均濃縮度よりも高くするために、サブ燃料集合体の最外周に位置した燃料棒の燃料濃縮度を高くしていた。すなわち、高濃縮度の燃料棒が十字型水路42に隣接するため、特に平均濃縮度が現行に比べて高くなるべき性質の高燃焼度用燃料集合体では、運転時の局所出力ピーキング係数は十字型水路42に隣接した燃料棒で大きくなりやすい。すなわち、従来技術1および従来技術2は運転時の局所出力ピーキング係数の上昇について考慮されておらず、それに伴う熱的余裕低減の点で問題があった。

【0010】本発明の目的は、上記従来技術の問題点を解決し、燃料集合体の軸方向に垂直な横断面における出力の平坦化を図りつつ、冷温時の炉停止余裕を効果的に

向上できるD格子炉心対応の燃料集合体を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するための本発明に係る燃料集合体の構成は、核燃料物質を封入した複数本の燃料棒と太径水ロッドとを正方格子状に配置し、前記太径水ロッドを中央部に配置してなる燃料集合体であって、前記燃料集合体の軸方向に垂直な横断面における、制御棒が挿入される広いギャップ水領域に面した燃料棒群の領域a、広いギャップ水領域側の前記領域a以外の燃料棒群の領域b、狭いギャップ水領域に面した燃料棒群の領域d、狭いギャップ水領域側の前記領域d以外の燃料棒群の領域cを設定し、前記4つの各領域に含まれる核分裂性物質の全領域に含まれる核分裂性物質に対する相対量と、前記4つの各領域における燃料棒の平均濃縮度とを比較した場合、前記領域aの燃料棒群の前記相対量と前記平均濃縮度を最小とすると共に、前記領域bの燃料棒群の前記相対量と前記平均濃縮度を最大としたものである。

【0012】図5は、一般のD格子炉心に装荷される燃料集合体の水平断面図である。図5に示すように狭いギャップ水領域52に面する側54の燃料棒の燃料濃縮度が高くなる濃縮度分布を採用している。すなわち、広いギャップ水領域51に隣接した、燃料集合体最外周燃料棒の濃縮度を低くすることで、局所出力ピーキング係数を抑制している。これを基準ケースとする。

【0013】いま、燃料集合体の燃料領域を、①広いギャップ水領域に面した燃料棒群〔領域a〕、②広いギャップ水領域側の①以外の燃料棒群〔領域b〕、③狭いギャップ水領域に面した燃料棒群〔領域d〕、④狭いギャップ水領域側の③以外の燃料棒群〔領域c〕の4つに分割する。基準ケースでは、領域aの濃縮度が各領域中で最小となる。前記従来技術1では、領域aにおける濃縮度を高めることで、冷温時制御棒値を向上させていた。

【0014】図6は、本発明の原理説明図で、冷温時制御棒値の変化を示す線図である。図6は、領域aに含まれるU-235の相対量を各領域中で最小となるように基準ケースと同一とし、領域bに含まれているU-235の相対量を増加させた時の冷温時制御棒値の変化を示している。ここでは、燃料集合体1の中央部に位置する太径水ロッド3に隣接していない燃料棒の燃料濃縮度を基準ケースよりも高めることで、領域bに含まれるU-235の相対量を増加させている。

【0015】ここで、領域に含まれるU-235の相対量は、領域に含まれるU-235の個数/燃料集合体をもつU-235の個数で表わされるものとする。図6に示すように、基準ケースに対し、領域bに含まれるU-235の相対量を30%程度増加させ、領域cに含まれるU-235の相対量よりも大きくすることで、冷温時

制御棒値は0.7%Δk/k程度高められる。現在の沸騰水型原子炉の設計基準では、炉停止余裕が1%Δk以上である。したがって、本発明による改善効果は大きいことがわかる。

【0016】また、図7は、本発明の原理説明図で、運転時冷温時反応度差の変化を示す線図である。図7に示すように、領域bに含まれるU-235の相対量を増加させ、領域cに含まれるU-235の相対量よりも大きくすると、運転時冷温時反応度差は減少する。

【0017】さらに、図8は、本発明の原理説明図で、局所出力ピーキング係数の変化を示す線図である。図8に示すように、領域bにおいてU-235の量を増加させることは局所出力ピーキング係数を増大させることに対して大きな影響を及ぼさない。基準ケースに対し、領域bに含まれるU-235の相対量を30%程度増加しても、局所出力ピーキング係数の増加は約3%程度にとどまる。これは前に述べたように、広いギャップ水領域に隣接した領域aでU-235の相対量を最小にしたからである。

【0018】以上説明したように、領域bに含まれるU-235の相対量を増加させることで、局所出力ピーキング係数の増加を抑制しつつ、冷温時制御棒値ならびに運転時冷温時反応度差を改善でき、冷温時の炉停止余裕を向上できる。すなわち、燃料集合体の中央部に太径水ロッドを設けることにより出力の平坦化を図りつつ、さらに領域bの濃縮度を増大させることにより、冷温時の炉停止余裕を効果的に向上できる。

【0019】領域bに含まれるU-235の相対量を増加させる具体的な方法は、(1)濃縮度分布をつける、(2)燃料インベントリを領域間で変える、がある。方法(2)では、(a)燃料ペレット径を太くする、(b)領域に含まれる燃料棒本数を多くする、(c)燃料ペレット密度を大きくする、の他に、燃料集合体内熱中性子束分布が燃料集合体中央部で非均質になるのを防ぐために挿入される太径水ロッドを領域cの方へ移動させることで、領域bに含まれる燃料棒本数を多くすることも実現できる。

【0020】なお、太径水ロッドを減速材の少ない狭いギャップ水領域側に移動させることは、燃料集合体内熱中性子束分布の平坦化を更に向上させることができ、その結果、反応度向上を図ることができる。すなわち、狭いギャップ水領域における熱中性子束と広いギャップ水領域における熱中性子束の比を比較すると、基準ケースでは、0.626である。

【0021】一方、領域bに含まれるU-235の相対量を増加させるのに前記方法(1)で極端におこなうと、領域bにおける局所出力ピーキング係数が上昇する可能性がある。そこで、出力の平坦化を図りつつ、冷温時の炉停止余裕をより効果的に向上するためには、前記方法(1)の「燃料棒の濃縮度分布を付ける」ことと前

10

20

30

40

50

記方法(2)の「核分裂性物質(相対量)を領域間で変える」ことを組み合わせることが望ましい。

【0022】

【発明の実施の形態】以下本発明の実施の形態を図1を参照して説明する。図1は、本発明の一実施の形態を示す燃料集合体の水平断面図である。図1に示す燃料集合体において、1は燃料集合体であり、燃料棒2を、正方*

表1

| 記号 | A | B | C | D | E | F | G |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|
| 濃縮度(w/o) | 4.40 | 4.10 | 3.50 | 3.00 | 2.80 | 2.30 | 1.90 |

本実施の形態では、濃縮度分布によって、各領域4(領域a)、5(領域b)、6(領域c)、7(領域d)に含まれるU-235の量を調整している。本実施例では、太径水ロッド3に隣接していない燃料の濃縮度も高めることで、領域bにおけるU-235の相対量を最大としている。本実施の形態では、領域bにおける前記相対量は30.0%であり、図5に示した基準ケースよりもU-235の量を約20%増加させている。一方、領域aにおけるU-235の相対量は約18%であり、基準ケースと同量である。

【0024】一方、現在運転中のD格子炉心に装荷される燃料集合体で採用している燃料濃縮度分布と同様に、狭いギャップ水領域に面する領域dでは、その平均燃料濃縮度(wt%)を3.75とし、領域cの平均濃縮度3.67よりも高めておくことで、局所出力ピーキング係数を抑制できるように構成している。

【0025】既に説明したように、領域bに含まれるU-235の相対量を多くした燃料集合体構成により、冷温時制御棒値は基準ケースより約0.3%Δk/k大きくなる。また、運転時冷温時反応度差も約0.02%Δk/k小さくなる。一方、局所出力ピーキング係数の増加は3%程度に抑制されている。すなわち、本発明では局所出力ピーキング係数の増加を抑制しつつ、基準ケースに比べて制御棒側のU-235の相対量を多くし、冷温時制御棒値を増大できる。

【0026】本発明の燃料集合体では、冷温時制御棒値および運転時冷温時反応度差を改善できるので、本発明の燃料集合体を装荷した炉心の炉停止余裕を改善できる。また、作用で説明したように、本発明の燃料集合体では、集合体内中性子束分布を平坦化することができる。したがって、本発明に係る燃料集合体に隣接した燃料集合体を囲むチャンネルボックスへの照射損傷の度合

*格子状に配列し、燃料集合体1の中央部に、太径水ロッド3を配設している。本実施の形態例においては、燃料棒2の濃縮度(w/o)は、A、B、C…の順に低くなるようにし、各燃料棒の濃縮度は、表1に示すとおりである。

【0023】

【表1】

を低減することができる。

【0027】なお、将来プルトニウムの供給が充分となり、MOX燃料が用いられるようになれば、例えば、実施形態例における領域bのU-235の相対量のU-235に相当する点を、Pu-239に置換えた構成とすることにより、本実施例の効果を高めることができる。

【0028】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によれば、燃料集合体の軸方向に垂直な横断面における出力の平坦化を図りつつ、冷温時の炉停止余裕を効果的に向上できるD格子炉心対応の燃料集合体を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態を示す燃料集合体の水平断面図である。

【図2】従来のBWRの燃料集合体群の部分水平断面図である。

【図3】従来技術1の燃料集合体群の水平断面図である。

【図4】従来技術2の燃料集合体群の水平断面図である。

【図5】一般のD格子炉心に装荷される燃料集合体の水平断面図である。

【図6】本発明の原理説明図で、冷温時制御棒値の変化を示す線図である。

【図7】本発明の原理説明図で、運転時冷温時反応度差の変化を示す線図である。

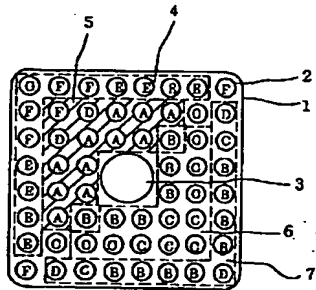
【図8】本発明の原理説明図で、局所出力ピーキング係数の変化を示す線図である。

【符号の説明】

1…燃料集合体、2…燃料棒、3…太径水ロッド、4…領域a、5…領域b、6…領域c、7…領域d。

【図1】

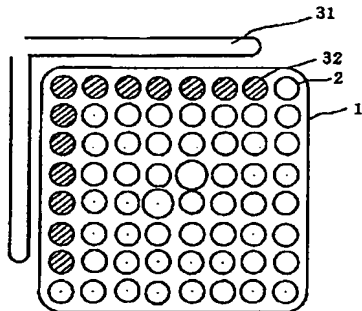
図 1



- 1 ... 燃料集合体
2 ... 燃料棒
3 ... 太径水ロッド
4 ... 領域 a
5 ... 領域 b
6 ... 領域 c
7 ... 領域 d

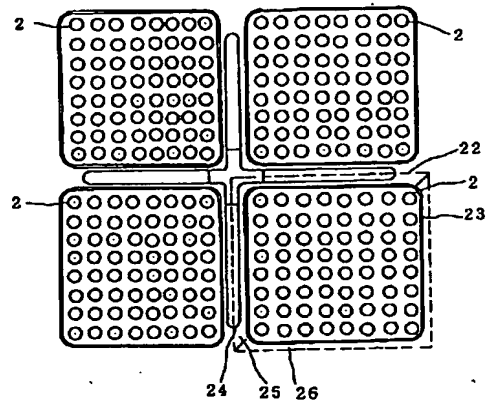
【図3】

図 3



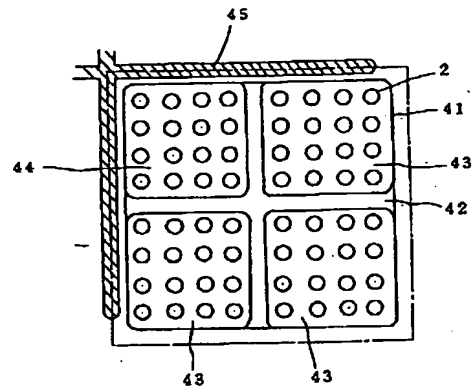
【図2】

図 2



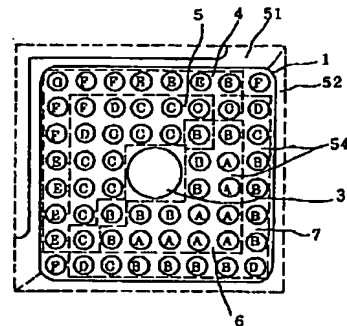
【図4】

図 4



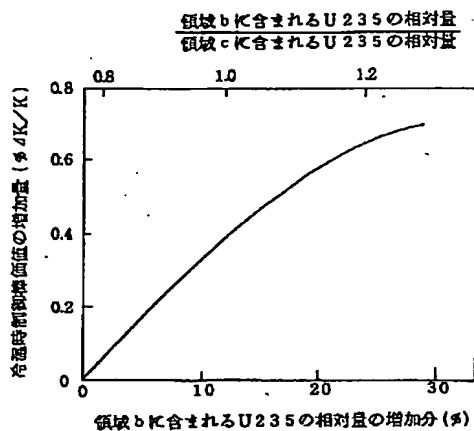
【図5】

図 5



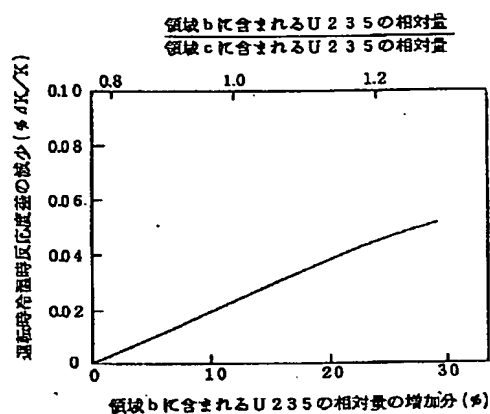
【図6】

図 6



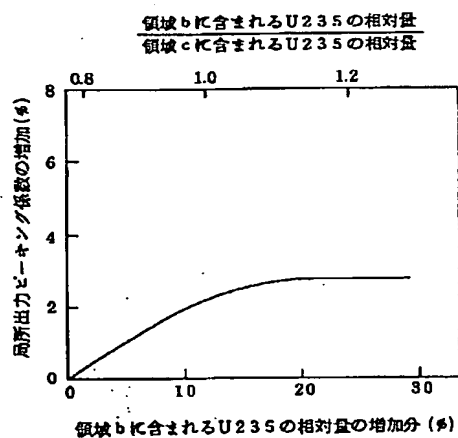
【図7】

図 7



【図8】

図 8



フロントページの続き

(72)発明者 小山 淳一

茨城県日立市森山町1168番地 株式会社日立製作所エネルギー研究所内

(72)発明者 平川 博▲将▼

茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内

(72)発明者 山下 淳一

茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内

(72)発明者 林 達男

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地 株式会社日立製作所内